

55, 896

BEST AVAILABLE COPY

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/091103 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04B**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000715
(22) Internationales Anmeldedatum:
2. April 2004 (02.04.2004)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität:
103 15 629.1 4. April 2003 (04.04.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): T-MOBILE DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Landgrabenweg 151, 53227 Bonn (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BEYER, Jürgen [DE/DE]; Talstrasse 12, 57250 Netphen (DE). BRÜCKEN, Reinhold [DE/DE]; Blankenheimer Strasse 11, 50937 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR ANALYSING THE INTERFERENCE AND SUPPLY SITUATION IN UMTS SUB-NETWORKS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ANALYSE DER INTERFERENZ- UND VERSORGUNGSSITUATION IN UMTS-TEILNETZEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for analysing the interference and supply situation in universal mobile telecommunication system (UMTS) sub-networks. Said method enables supply assertions for each service in the considered sub-network to be determined using measured data that is recorded either during or without the traffic load of the network.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen (Universal Mobile Telecommunication System). Dabei können erfindungsgemäß anhand von Messdaten, die wahlweise ohne als auch unter Verkehrslast des Netzes erfasst werden, Versorgungsaussagen für jedem Dienst im betrachteten Teilnetz ermittelt werden.

WO 2004/091103 A2

Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen (Universal Mobile Telecommunication System).

UMTS-Netze basieren auf ATM (Asynchronous Transfer Mode) und IP (Internet Protocol) und ermöglichen die Übertragung leitungs- und paketorientierter Dienste. Dafür sorgt eine neue Luftschnittstelle für den Mobilfunk, die unterschiedliche Formate effizient übertragen kann. In Europa und Japan basiert die Luftschnittstelle auf der WCDMA-Funktechnik (Wideband Code Division Multiple Access). Damit lässt sich eine GSM-Infrastruktur in ein UMTS-Netz migrieren. Mit WCDMA erhält Europa als weltweit wichtigster Mobilfunkmarkt einen einheitlichen UMTS-Standard. Damit wird auch mobile Breitbandkommunikation mit Japan möglich. Der dort genutzte PDC-Standard (Personal Digital Cellular) lässt sich leicht in WCDMA integrieren. In Amerika gibt es dagegen nur wenige GSM-Netze. Die Mehrzahl der Netze basiert auf cdmaOne oder IS95. Diese Netze migrieren in der dritten Mobilfunkgeneration zu CDMA 2000 (Code Division Multiple Access) und sind mit WCDMA kompatibel. Das WCDMA-Modulationsverfahren beruht nicht mehr auf Zeitschlitzten (Time Division) und die Frequenz wird "breit" (wideband) genutzt: Mit 5 MHz sind die Übertragungsfrequenzen 25-mal so breit wie bei GSM mit nur 200 kHz. Diese Ausbreitungseigenschaften wirken sich sowohl auf die Zellenkapazität und damit auf die Netzplanung als auch auf die Empfangsqualität aus. In Zeiten geringen Bedarfs eines Nutzers kann ein anderer die Kanäle nutzen. Auch kann ein Nutzer zugleich mehrere Datenflüsse, z.B. telefonieren, faxen, E-Mails abrufen, eine Datei aus dem Netz laden und surfen gleichzeitig, betreiben.

Aus Erfahrungen mit IS95 CDMA-Netzen und ersten Untersuchungen in WCDMA-Netzen erscheint es als sehr wichtig, unter Einbeziehung von Messdaten eine Optimierung der Funkfeldversorgung durchzuführen. Dazu wird das UMTS-Netz zunächst vermessen und die vorhandene Interferenz- und Versorgungssituation ermittelt. Mit dem im folgenden beschriebenen Verfahren wird beides bestimmt, wobei als Grundlage lediglich Daten von Pilotkanal-Messungen dienen. Grundlage der Interferenzanalyse bilden Interferenzmatrizen. Als ein Ergebnis der Pilotkanal-Messungen erhält man für jeden Messpunkt die Pilotkanal-Empfangsleistung von mehreren Basisstationen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, eine messdatenbasierte Interferenzmatrix zu erstellen. Dabei werden innerhalb eines lokal begrenzten Gebietes (=Pixel) die versorgende sowie die störenden Basisstationen ermittelt. Führt man dies über das gesamte Messgebiet durch, so erhält man für alle Basisstationen in diesem Gebiet eine Aussage darüber, wie sehr diese andere Zellen stören. In diesem Dokument wird beschrieben, wie die Interferenzmatrix erstellt wird und es werden zwei unterschiedliche Inhalte der Interferenzmatrix eingeführt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen anzugeben, anhand dessen nicht versorgte Gebiete und der Grund für deren Nichtversorgung bestimmt werden können. Es soll auch möglich sein zu bestimmen, welcher Dienst an welchem Ort zur Verfügung steht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Die Erfindung ermöglicht eine Untersuchung der Interferenz- und Versorgungssituation für die verschiedensten Dienste unter Berücksichtigung der Verkehrslast und die Rückführung der Messdaten auf die Basis ohne Verkehrslast.

Bei der Analyse des Netzes ist es von großem Interesse, welcher Dienst an welchem Ort zur Verfügung steht. Die Erfindung ermöglicht es, auf Grundlage der Pilotkanal-Messdaten Aussagen über die Dienstverfügbarkeit zu treffen, wobei die Auslastung des Netzes durch aktive Nutzer berücksichtigt wird. Damit können nicht versorgte Gebiete erkannt werden und es wird der Grund für Nichtversorgung genannt. Fasst man beide Erkenntnisse zusammen, so ermöglichen die nachfolgend beschriebenen Verfahren auf Basis von einfachen Pilotkanal-Messungen notwendige und umfassende Analysen von UMTS-Netzen durchzuführen. Dies kann als Grundlage für weiterführende Optimierungsmaßnahmen dienen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnungen erläutert. Aus den Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung ergeben sich weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung.

Figur 1 ist eine graphische Darstellung der Einstellmöglichkeiten der Rahmenbedingungen zur Interferenzanalyse;

Figur 2 zeigt ein Beispiel einer Interferenzmatrix für eine Reihe von Basisstationen;

Figur 3 ist eine Interferenzmatrix (Summe) der Störer grafisch dargestellt;

Figur 4 ist eine Matrix, welche die Wahrscheinlichkeit [in %] der Störung bezogen auf die Fläche angibt;

Figuren 5 zeigt ein Beispiel für eine Visualisierung der nach dem Verfahren bestimmten Versorgungsaussage;

Figur 6 zeigt ein Beispiel eine Visualisierung für den Grund der in Figur 5 nicht versorgten Gebiete.

Eingangsdaten

Die Basis für die beschriebenen Verfahren sind Messdaten, die von so genannten WCDMA-Scannern ermittelt werden. Diese Messgeräte detektieren downlink die sogenannten common control Kanäle (gemeinsame Kontrollkanäle zur Verbindungsaufnahme mit den Mobilstationen), die unabhängig von Verkehr permanent gesendet werden. Dies sind der primary common pilot channel, im folgenden als Pilotkanal bezeichnet, der primary synchronisation channel sowie der secondary synchronisation channel. Hier von Belang ist lediglich der Pilotkanal. Die im folgenden relevanten Meßdaten sind die Empfangsleistung des Pilotkanals ($=E_c$), die gesamte in dem betreffenden Frequenzband von 5 MHz vorliegende Interferenzleistung ($=I_0$) sowie das Verhältnis von E_c/I_0 , das also die gemessene Leistung des Pilotkanals im Verhältnis zur gesamten (Stör)Signalleistung definiert. Die Zuordnung der Messwerte zu einer Basisstation erfolgt über den Scramblingcode (SC), der ebenfalls vom Messgerät detektiert und ausgewiesen wird. Alle diese Daten können pro Messpunkt für mehrere, z.B. acht Basisstationen, gleichzeitig erfasst werden.

Um eine höhere statistische Sicherheit zu erlangen, dienen als Grundlage der beschriebenen Verfahren nicht die Originalmessdaten, sondern vielmehr werden diese innerhalb konstanter Wegintervalle gemittelt. Bedingt durch die Abtastrate sowie statistischer Eigenschaften des Funkkanals sollte das Wegintervall mindestens 20m betragen.

Beide Verfahren setzen voraus, dass die Messdaten in einem begrenzten Gebiet möglichst flächendeckend vorliegen. Insbesondere bei Analyse der Interferenzmatrix kann es zu Fehlinterpretationen kommen, wenn die potentiellen Versorgungsgebiete einzelner Zellen nicht umfassend vermessen worden sind.

Interferenzanalyse

Bei der Interferenzanalyse spielen die sogenannte Rauschleistungsdichte E_c/N_0 , das heißt die Energie pro Informationsbit im Verhältnis zur spektralen Rauschleistungsdichte am Eingang des Empfängers, und die Pilotpollution eine Rolle. Befindet sich eine Mobilstation an einem Ort, an dem Pilotsignale von mehreren Basisstation mit vergleichbarer Leistung empfangen werden können, ergibt

sich eine sogenannte Pilotpollution, das heißt eine Störung der Pilotsignale untereinander. Die Analyse von E_c/N_0 und Pilotpollution ist zwar ein Qualitätsmaß für WCDMA-Netze, jedoch führen diese nicht zielgerichtet auf die notwendigen Maßnahmen der Optimierung von nicht zu akzeptierenden Stellen / Gebieten hin. Zur Optimierung der Funkversorgung, z.B. hinsichtlich der Pilotpollution und E_c/N_0 , bieten sich in einem vorhandenen Netz die Änderung der Antennenabsenkung, das heißt Verringerung der Antennenhöhe sowie die Modifizierung der CPICH-Power (Leistung des Common Pilot Channel) an. Als Grundlage hierfür ist eine Interferenzanalyse notwendig. Diese kann mit der Hilfe einer Interferenzmatrix geschehen.

Um eine Interferenzmatrix zu erstellen wird für jedes Pixel (Kachelung) in einem z.B. 10 dB Fenster (window) unterhalb der als Best Server gemessenen Station als Störer registriert. Dieses Vorgehen ist schematisch in Figur 1 dargestellt. Damit Stationen, die für das sogenannte Soft Handover (SHO) notwendig sind, nicht als Störer gewertet werden, müssen diese durch ein weiteres window aus der Betrachtung herausgenommen werden. Hierzu ist die zugelassene Anzahl der Stationen im Active Set und ein weiteres Fenster, z.B. 3 dB-window (add window für Handover HO), zu definieren. Im Beispiel nach Figur 1 stellt die Basisstation mit dem Scramblingcode SC1 den Best Server dar. Die Stationen mit den Scramblingcodes SC2 und SC3 sind nur unwesentlich schwächer und liegen innerhalb eines Fensters von 3 dB unterhalb der Leistung des Best Servers. Die drei Stationen SC1, SC2 und SC3 werden daher für den Soft Handover verwendet. Die übrigen Stationen SC4-SC6 liegen in ihren Leistungen in einem Fenster von z.B. 10 dB unterhalb des Best Servers und werden als Störer gewertet.

Je nach Realisierung des Verfahrens ist das window der Störer auf den Best Server oder Best Server (negative Werte) + add window bezogen.

Pro Flächenelement (Pixel) werden nach dem oben beschriebenen Schema die Störer ermittelt. Diese Daten werden in eine Matrix zusammengefasst. In dieser Matrix wird die Störbeziehung jeder Station zu anderen Stationen mit der Anzahl der Häufigkeit aufgelistet.

In der Matrix gemäß Figur 2 ist in der Einzelanalyse genau ersichtlich, in welchen Zellen und mit welcher Häufigkeit eine Zelle (Basisstation) als Störer auftritt. Die Spalte der Basisstation SC 88 ist hervorgehoben. Man erkennt dass die Station SC88 die Station SC48 mit einer Häufigkeit von 125 stört, das heißt bei 125 Messungen wird SC48 von SC88 gestört.

Wenn nun bei jeder Station die Summe der Einzelstörungen gebildet wird, so erhält man eine Übersicht mit welcher Häufigkeit die einzelnen Stationen als Störer in dem Messgebiet auftreten. Eine solche Darstellung gemäß Figur 3 ergibt einen ersten Überblick, welche Station(en) ein hohes Potential an Störungen mitbringen. Figur 3 ist zu entnehmen, dass die Station mit dem SC 88 den größten Störer im betrachteten Teilnetz darstellt.

Umgekehrt kann die Interferenzmatrix dazu genutzt werden zu sehen, mit welcher Häufigkeit und von welchen Zellen eine Zelle gestört wird. Dies ist in Figur 2 in der Zeile für Basisstation SC 48 hervorgehoben und kann äquivalent zu der Figur 3 dargestellt werden. Man erkennt, dass für die Zelle SC48 stellen die Zellen SC88 und SC224 die häufigsten Störer darstellen.

Figur 4 beschreibt eine Wahrscheinlichkeit der Störung bezogen auf eine Fläche. Um eine Wahrscheinlichkeit der Störung bezogen auf eine Fläche des Best Server zu erhalten, muss zuerst ermittelt werden, wie oft eine Zelle als Best Server in dem Messgebiet auftritt, das heißt bei wie vielen Messvorgängen diese Zelle als Best Server erfasst wird. Die gestörten Pixel (Flächenelemente) werden ins Verhältnis zu den ungestörten gesetzt und kann als Prozentzahl ausgegeben werden. Die so erhaltenen Werte sind über die Fläche gewichtet.

Beispiel: Bei 10.000 Messungen (= 10.000 Flächenelementen) wird die Zelle SC48 als Best Server ermittelt. Die Zelle SC88 tritt dabei 1903 mal als Störer auf. Die Wahrscheinlichkeit der Störung bezogen auf die gemessene Fläche beträgt daher 19,03 %, wie in aus Figur 4 hervorgeht.

Diese Aufbereitung der Daten bietet die zusätzliche Information in welchem Maße eine Zelle von der anderen gestört wird. Ansonsten ist Figur 4 genauso zu lesen wie die Figur 2.

Beide Interferenzmatrizen zusammen geben dem Betrachter ein sehr genaues Bild der Störbeziehungen und daraus resultierend die erforderlichen Maßnahmen.

Erkenntnisse

Die Aufbereitung der Interferenzbeziehungen in einem WCDMA-Netz gibt einem die Möglichkeit, das Störpotential von bestimmten Stationen, z.B. SC88, auf der Basis der Messdaten durch Antennenabsenkung oder Änderung der CPICH-Leistung zu verringern. Gemeinsam mit den anderen Darstellungen wie Best Server (E_c), E_c/N_o , Pilotpollution und der Ortskenntnis können so gezielt die Stationen zur Optimierung selektiert werden. Anschließende Kontrollmessungen werden dann eine Verbesserung des E_c/N_o und Pilotpollution erkennen lassen.

Da in WCDMA-Netzen die Minimierung von Interferenzen eine wichtige Größe für die Kapazität und Qualität darstellt, ist eine solche Analyse als sehr wichtig einzustufen.

Versorgungsaussage basierend auf Scanner-Meßdaten

Erfindungsgemäß kann nun in der Abhängigkeit der Verkehrslast eine Prognose für die Versorgungssituation durchgeführt werden.

Grundlage des im folgenden beschriebenen Verfahrens bilden Messwerte aus Pilotkanal-Messungen, die zunächst in einem UMTS-Netz ohne aktive Nutzer, das heißt ohne Verkehrslast, durchgeführt werden. Unter Vorgabe der Auslastung des Netzes im uplink und downlink wird basierend auf diesen Messwerten eine Versorgungsaussage für uplink und downlink getroffen. Um eine höhere statistische Sicherheit zu erlangen, können die Messwerte innerhalb bestimmter Wegintervalle gemittelt werden, und es kann die Versorgungsaussage basierend auf diesen mittleren Werten erfolgen.

Einleitend noch einige Anmerkungen zur Notation. Üblicherweise kennzeichnet E_c die Chipenergie des Pilotkanals und I_0 die Interferenzleistungsdichte. Auch wenn im folgenden ausschließlich von Leistungen ausgegangen wird, soll die übliche Notation beibehalten werden; d.h. E_c entspricht der Empfangsleistung des primary common pilot channel (pCPICH). Ferner sind Sendeleistungen mit S und Empfangsleistungen mit P bezeichnet.

Versorgungsaussage für den uplink

Basierend auf den gemessenen Empfangspegel E_c des Pilot-Signals lässt sich der Empfangspegel P_{UL} im uplink berechnen über

$$P_{UL} = E_c + S_{MS\ max} - S_{pCPICH} \quad (1)$$

mit

$S_{MS\ max}$	Maximale Sendeleistung der Mobilstation
S_{pCPICH}	Pilotkanal-Sendeleistung der Basisstation

Bei der Bestimmung von P_{UL} nach (1) ist zu bedenken, dass die gemessene Empfangsleistung des Pilotkanals nicht unmittelbar sondern erst nach dem Korrelationsempfang bestimmt werden kann. Demnach fließt in E_c der Orthogonalitätsfaktor ein. Da das Pilotsignal nur mit einem RAKE-Finger des Empfängers detektiert wird, ist der Orthogonalitätsfaktor für einen RAKE-Finger zu verwenden. Somit ergibt sich die reale Empfangsleistung aus der vom Messgerät ermittelten Empfangsleistung $E_{c,mess}$ über

$$E_c = E_{c,mess} / \alpha_1 \quad (2)$$

wobei α_1 dem Orthogonalitätsfaktor für einen RAKE-Finger entspricht. Das so ermittelte E_c ist bei den hier angegebenen Gleichungen zu verwenden.

Ein Dienst ist im uplink verfügbar, wenn die Empfangsleistung P_{UL} einen dienstspezifischen erforderlichen Mindest-Empfangspegel $P_{erf,UL}$ überschreitet. $P_{erf,UL}$

(in dBm) lässt sich basierend auf dem E_b/N_0 -Sollwert, der zur Sicherstellung einer Datenübertragung in ausreichender Qualität gegeben sein muss, berechnen über

$$P_{\text{erf},UL} = 10 \cdot \log(kT_0) + N_{f,BS} + (E_b/N_0)_{\text{soll}} + 10 \cdot \log(R) + L_{\text{pen}} + N_r - G_{TMA} + 30 \quad (3)$$

mit

k	Boltzmann-Konstante ($=1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/Kelvin)
T_0	Umgebungstemperatur (in Grad Kelvin)
$N_{f,BS}$	Rauschfaktor der Basisstation (dB)
$(E_b/N_0)_{\text{soll}}$	Sollwert (dB) für E_b/N_0 der für Verfügbarkeit eines Dienstes vorhanden sein muss.
R	Nutzdatenrate (Dienste-spezifisch) (kb/s)
L_{pen}	Penetrationsdämpfung (dB)
N_r	Anstieg des Rauschens durch Verkehr (=noise rise) (dB)
G_{TMA}	Gewinn durch einen antennennahen Vorverstärker (TMA)

Sowohl $(E_b/N_0)_{\text{soll}}$ als auch die Nutzdatenrate R können für jeden Dienst unterschiedlich sein, weshalb $P_{\text{erf},UL}$ für jeden betrachteten Dienst separat zu berechnen ist. Der Anstieg des Rauschens wird durch die Interferenzleistung der aktiven Nutzer verursacht und ist entsprechend des Verkehrsszenarios einzusetzen. Dabei entsprechen $N_r = 3$ dB einer Last von 50%. Diese Wert wurde rechnerisch ermittelt.

Mit (3) wird ein Dienst als im uplink verfügbar angesehen, wenn gilt

$$P_{UL} > P_{\text{erf},UL} \quad (4)$$

P_{UL} nach (1) basiert auf downlink Messwerten, so dass der Einfluss der Antennendiagramme und die Zuführungsverluste (z.B. Kabelverluste) in P_{UL} implizit enthalten sind und bei Berechnung von $P_{\text{erf},UL}$ nicht gesondert berücksichtigt werden müssen.

Versorgungsaussage für den downlink

Damit ein Dienst im downlink verfügbar ist, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein.

- Der Empfangspegel liegt über den erforderlichen Mindestempfangspegel
- Der vorhandenen Wert für E_b/N_0 ist größer als der entsprechende Zielwert.

Die erste Bedingung lässt sich zwar unmittelbar aus der zweiten ableiten, wird hier aber dennoch einzeln betrachtet.

Bestimmung des für einen Dienst notwendigen Empfangspegels

Zunächst sei die erste Bedingung betrachtet.

Im downlink lässt sich die Empfangsleistung eines Verkehrskanals P_{TCH} basierend auf den gemessenen Empfangspegel E_c des Pilot-Signals berechnen über

$$P_{TCH} = E_c + S_{TCH\ max} - S_{pCPICH} \quad (5)$$

mit

$S_{TCH\ max}$	Max. Sendeleistung eines Verkehrskanals, die einem einzelnen Nutzer zugestanden wird.
S_{pCPICH}	Pilotkanal-Sendeleistung der Basisstation

Der Mindestempfangspegel $P_{erf,DL}$ (in dBm) wird über

$$P_{erf,DL} = 10 \cdot \log(kT_0) + N_{f,MS} + (E_b/N_0)_{soll} + 10 \cdot \log(R) + L_{pen} + 30 \quad (6)$$

berechnet. $N_{f,MS}$ entspricht dem Rauschfaktor der Mobilstation. Die anderen Größen sind analog zu (3). Prinzipiell müsste analog zum uplink auch im downlink der Anstieg der Rauschens durch Interferenzleistung aktiver Nutzer berücksichtigt werden. Dieser Aspekt wird jedoch im downlink primär durch die Abschätzung des E_b/N_0 -Wertes (wie unten beschrieben) berücksichtigt und daher bei Berechnung von $P_{erf,DL}$ außer Acht gelassen.

Ermittlung von Eigen- und Fremdzell-Empfangsleistung

Die oben aufgeführte zweite Bedingung - der vorhandenen Wert für E_b/N_0 ist größer als der entsprechende Zielwert - erfordert, dass man eine Aussage über den aktuellen Wert von E_b/N_0 treffen kann. Grundlage dafür bieten die Messwerte E_c und E_c/I_0 . Im folgenden wird beschrieben, wie basierend auf diesen Messwerten ein Wert von E_b/N_0 bei Vorgabe einiger Annahmen bestimmt werden kann.

Zur Berechnung des E_b/N_0 -Wertes im downlink ist es erforderlich, die Empfangsleistung aus der eigenen Zelle (I_{elg}) und die Empfangsleistungen aus allen Fremdzellen (I_{fr}) zu bestimmen. Die "Eigene Zelle" entspricht der Basisstation, die innerhalb eines Wegintervalls den mittleren höchsten Pilotkanal-Empfangspegel bewirkt (= Best Server).

Zunächst wird I_{elg} bestimmt. Geht man davon aus, dass die Pilotkanal-Messungen in einem Netz ohne Verkehrslast erfolgt, so resultiert die Empfangsleistung I_0 aus den permanent sendenden downlink common control Kanälen.

Die Empfangsleistung P_{CCH} dieser Kontrollkanäle ergibt sich über

$$P_{CCH} = E_c + 0.1 \cdot P_{pSCH} + 0.1 \cdot P_{sSCH} + 0.9 \cdot P_{BCH} \quad (7)$$

mit

P_{CCH} Empfangsleistung aller permanent sendenden downlink common control Kanäle

E_c Empfangsleistung des Pilotkanals

P_{pSCH} Empfangsleistung des primary synchronisation channel (pSCH)

P_{sSCH} Empfangsleistung des secondary synchronisation channel (sSCH)

P_{BCH} Empfangsleistung des broadcast channel (BCH)

Da pSCH und sSCH alternierend mit dem BCH gesendet werden, wird in (7) deren Sendeleistung mit einem Faktor gewichtet, der dem jeweiligen Anteil an der Sendezeit entspricht.

Die Sendeleistung der anderen downlink common control Kanäle wird relativ zu der des Pilotkanals angegeben. Somit lässt sich (7) mit

$$P_{CCH} = E_c \cdot (1 + 0.1 \cdot \Delta_{pSCH} + 0.1 \cdot \Delta_{sSCH} + 0.9 \cdot \Delta_{BCH}) \quad (8)$$

formulieren, wobei Δ dem Verhältnis der entsprechenden Sendeleistungen zu derjenigen des Pilotkanals entspricht. Vereinfacht gilt somit

$$P_{CCH} = E_c \cdot (1 + \Delta_{cch}) \quad (9)$$

Unter der Annahme, dass die Interferenzleistung I_o nicht durch aktive Nutzer sondern ausschließlich durch die downlink common control Kanäle erzeugt wird, erhält man letztlich

$$I_{eig} = P_{CCH} = E_c \cdot (1 + \Delta_{cch}) \quad (10)$$

Mit I_{eig} nach (10) wird nun I_{fr} bestimmt. Für das Verhältnis E_c/I_o gilt

$$\frac{E_c}{I_o} = \frac{E_c}{I_{eig} + I_{fr}} \quad (11)$$

Darin ist das Hintergrundrauschen nicht enthalten, was bei der Messung allerdings mit erfasst wird. Daher ist die thermische Rauschleistung vom gemessenen I_o ($=I_{o,mess}$) zu subtrahieren

$$I_o = I_{o,mess} - k \cdot T \cdot W. \quad (12)$$

Somit folgt mit (10) aus (11) für das Verhältnis I_{eig}/I_{fr}

$$\frac{I_{eig}}{I_{fr}} = \frac{E_c/I_o}{1/(1 + \Delta_{cch}) - E_c/I_o} \quad (13)$$

und I_{fr} ist gegeben mit

$$I_{fr} = I_0 - E_c \cdot (1 + \Delta_{cch}) . \quad (14)$$

Berechnung von E_b/N_0

Aus den gemessenen Werten von E_c/I_0 ohne Verkehr soll basierend auf bestimmten Annahmen für die Auslastung einer Basisstation im downlink der Wert für E_b/N_0 eines Dienstes bestimmt werden. Voraussetzung dafür ist die Aufteilung der Gesamt-Empfangsleistung I_0 in I_{eig} und I_{fr} nach (10) und (14).

Allgemein wird E_b/N_0 im downlink berechnet über

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{W}{R} \frac{P_{TCH}}{I'_{eig} \cdot (1 - \alpha) + I'_{fr} + I_h} \quad (15)$$

wobei das Apostroph die Variablen unter Einbeziehung des Interferenzleistungen durch Verkehrskanäle kennzeichnet. Ferner gilt

P_{TCH} Empfangsleistung (downlink) des Verkehrskanals für einen Nutzer eines bestimmten Dienstes.

W Chiprate

α Orthogonalitätsfaktor. Hier ist jedoch derjenige für mehr als ein RAKE-Finger anzugeben; z.B. für 4 RAKE-Finger.

Für die anschließenden Betrachtungen gelten folgende Annahmen.

Die Sendeleistung des Pilot-Kanals S_{pCPICH} wird relativ zur Gesamtsendeleistung S_{BS} der Basisstation angegeben.

$$S_{pCPICH} = \Delta_{pCPICH} \cdot S_{BS}. \quad (16)$$

Damit folgt für die Sendeleistung aller downlink common control channels analog zu Gleichung (9)

$$S_{CCH} = \Delta_{pCPICH} (1 + \Delta_{CCH}) \cdot S_{BS}. \quad (17)$$

Die Auslastung der Basisstation im downlink wird über die verwendete Leistung aller Verkehrskanäle definiert, die ebenfalls relativ zur Gesamtsendeleistung S_{BS} der Basisstation angegeben wird. Demnach ergibt sich die Sendeleistung S_{aTCH} , die für alle Verkehrskanäle einer Zelle verwendet wird, aus

$$S_{aTCH} = \Delta_{aTCH} \cdot S_{BS}. \quad (18)$$

Der Wert für Δ_{aTCH} wird gemäß des gewünschten Verkehrsszenarios vorgegeben. Er bestimmt die Auslastung des Netzes im downlink.

Die maximale Sendeleistung $S_{TCH \max}$, die einem einzelnen Nutzer zur Verfügung steht, wird ebenfalls relativ zur Gesamtsendeleistung S_{BS} der Basisstation angegeben

$$S_{TCH \max} = \Delta_{uTCH} \cdot S_{BS}. \quad (19)$$

Basierend auf diesen Annahmen lassen sich die in (15) enthaltenen Terme aus den Pilotkanal-Messdaten bestimmen.

Für die Fremdzellen-Interferenz-Leistung I'_{fr} unter Einbeziehung der zusätzlichen Interferenz P_{aTCH} durch Verkehrskanäle gilt

$$\frac{I'_{fr}}{I_{fr}} = \frac{P_{CCH} + P_{aTCH}}{P_{CCH}} = 1 + \frac{\Delta_{aTCH}}{\Delta_{pCPICH} \cdot (1 + \Delta_{CCH})}. \quad (20)$$

Nach Berechnung von I_{fr} mittels (14) ist somit I'_{fr} unmittelbar bestimmt.

Für die Eigenzell-Interferenzleistung I'_{elg} unter Einbeziehung der zusätzlichen Interferenz I_{aTCH} durch alle Verkehrskanäle der eigenen Zelle gilt

$$I'_{elg} = I_{elg} + I_{aTCH} \quad (21)$$

mit

$$I_{aTCH} = E_c \cdot \frac{\Delta_{aTCH}}{\Delta_{pCPICH}} \quad (22)$$

erhält man

$$I'_{eig} = E_c \cdot \left(1 + \Delta_{CCH} + \frac{\Delta_{aTCH}}{\Delta_{pCPICH}} \right) \quad (23)$$

Analog dazu gilt für die maximale Verkehrskanal-Empfangsleistung, die einem Nutzer eines Dienstes zur Verfügung steht

$$P_{TCH \max} = E_c \frac{\Delta_{uTCH}}{\Delta_{pCPICH}} \quad (24)$$

Durch Einsetzen von (20), (23) und (24) in (15) erhält man den Downlink- E_b/N_o -Wert basierend auf Pilotkanal-Messwerten.

Zusammenfassend sollen die Voraussetzungen nochmals genannt werden.

- Die Empfangsleistung I_o enthält keine Interferenzleistung durch Verkehrskanäle aktiver Nutzer.
- Für die Verkehrskanal-Sendeleistung eines Nutzers wird pauschal die maximal erlaubte Sendeleistung angenommen.
- Die Auslastung der Zellen im downlink wird für alle Zellen einheitlich vorgegeben.

Die Figuren 5 und 6 zeigen Beispiele für Visualisierungen zur Abschätzung der Versorgung. Die beiden Abbildungen geben die Resultate des oben beschriebenen Verfahrens wieder. Angenommen wird dabei eine Auslastung von 50% im uplink und 80% im downlink. Es wird die Versorgung für indoor dargestellt, wofür eine zusätzliche Gebäudedämpfung von 15 dB angenommen wird.

Versorgungsaussage basierend auf Messungen in verkehrsbelasteten UMTS-Netzen

Eine wesentliche Voraussetzung des oben beschriebenen Verfahrens zur Abschätzung der Versorgungssituation ist, dass die Messung in einem Netz ohne aktive Teilnehmer (d.h. ohne Verkehrslast) statt finden. Das ist bei späteren Messungen, die in im Betrieb befindlichen Netzen durchgeführt werden, nicht mehr der Fall. Somit wäre der Einsatz und die Analyse von Messdaten eines WCDMA-Scanners in Frage gestellt oder zumindest in seinem Anwendungsbereich reduziert. Nachfolgend wird nun ein Verfahren beschrieben, mit dem man die Messdaten aus einem mit Verkehrslast behafteten Netz für die weiter vorne beschriebene Interferenzanalyse und die auf Scanner-Messdaten basierenden Versorgungsaussagen weiterverwenden kann.

Das vorher beschriebene Verfahren zur Versorgungsaussage basierend auf Scanner-Messdaten kann hierfür in abgewandelter Form angewendet werden. Dabei geht man davon aus, dass I_0 ohne Verkehr aus der Empfangsleistung der permanent sendenden downlink common control Kanäle resultiert. Unter dieser Annahme lassen sich I_{elg} und I_{fr} ohne Verkehr über die Summe der Pilotkanal-Empfangsleistungen aller an einem Messpunkt empfangenen Basisstationen berechnen. Somit gilt für I_{fr}

$$I_{fr} = (1 + \Delta_{CCH}) \cdot \sum_{k=2}^N E_{c,k} \quad (25)$$

und für I_{elg}

$$I_{elg} = E_{c,1} \cdot (1 + \Delta_{cch}). \quad (26)$$

Dabei wird angenommen, dass pro Messpunkt die Pilotkanal-Empfangsleistung von N Basisstationen detektiert werden kann und $k=1$ dem Best Server entspricht. Bei diesem Ansatz besteht ein fundamentales Problem in der Betrachtung mittlerer Werte innerhalb eines Wegintervalls. Die Bestimmung von I_{fr} und I_{elg} mit (25) bzw. (26) muss mit ungemittelten Werten erfolgen, da sich die empfangenen Basisstationen bzw. deren Feldstärke von Messpunkt zu Messpunkt ändern können und somit innerhalb eines Wegintervalls nicht als konstant anzusehen sind. Unter

diesem Aspekt erscheint es fraglich, ob die Bestimmung von I_{eig} und I_{fr} nach (25) und (26) sinnvoll ist. Es bleibt zu prüfen, ob man statt dessen nicht I_0 analog zu (25) aber einschließlich des Best Server für jeden Messpunkt bestimmt und basierend darauf einen mittleren Wert innerhalb des Wegintervalls ermittelt. Anschließend kann der Rechenweg ab Gleichung (7) beibehalten werden.

Ein weitere Unsicherheit dieses Verfahrens liegt darin, ob der Messempfänger die Pilotkanäle aller relevanten Basisstationen erfasst und somit I_0 somit korrekt berechnet wird. Von daher sollte solange kein Verkehr im Netz vorhanden ist die Versorgungsaussage basierend auf gemessenen I_0 erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen,
gekennzeichnet durch die Schritte:
Erfassen von Messdaten innerhalb von vorgegebenen Flächenelementen eines begrenzten Gebiets, wobei innerhalb jedes Flächenelements die Empfangsleistung mindestens eines downlink Pilotkanals von mehreren in diesem Flächenelement empfangbarer Basisstationen und die gesamte Interferenzleistung im betrachteten Frequenzband gemessen werden; und Erstellen einer Interferenzmatrix anhand der erfassten Messdaten, wobei die Interferenzmatrix eine Aussage über die Störbeziehung jeder Basisstation zu anderen Basisstationen wiedergibt.
2. Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen,
gekennzeichnet durch die Schritte:
Erfassen von Messdaten innerhalb von vorgegebenen Flächenelementen eines begrenzten Gebiets, wobei innerhalb jedes Flächenelements die Empfangsleistung mindestens eines downlink Pilotkanals von mehreren in diesem Flächenelement empfangbarer Basisstationen und die gesamte Interferenzleistung im betrachteten Frequenzband gemessen werden; und Ermitteln einer Aussage über die Versorgungssituation im Uplink und Downlink anhand der erfassten Messdaten unter Vorgabe einer angenommen Verkehrsauslastung des Netzes.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messdaten im Leerlauf des Netzes, d.h. ohne Verkehrslast, erfasst werden.

4. Verfahren zur Analyse der Interferenz- und Versorgungssituation in UMTS-Teilnetzen,
gekennzeichnet durch die Schritte:
Erfassen von Messdaten innerhalb von vorgegebenen Flächenelementen eines begrenzten Gebiets, wobei innerhalb jedes Flächenelements die Empfangsleistung der permanent sendenden Pilotkanäle mehrerer in diesem Flächenelement empfangbarer Basisstationen bestimmt wird; und
Ermitteln einer Aussage anhand der Messdaten über die Versorgungssituation im Uplink und Downlink durch bilden des Verhältnisses der Empfangsleistung aus der betrachteten Zelle (I_{eig}) und der Empfangsleistungen aus allen Fremdzellen (I_{fr}).
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Messdaten im Betrieb, das heißt bei regulärer Verkehrsauslastung des Netzes erfasst werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Versorgungssituation separat für jeden nutzbaren Dienst ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine dienstespezifische Nutzdatenrate (R) als ein Kriterium für die Bestimmung der Versorgungssituation verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein dienstespezifischer Sollwert für das Signal- zu Rauschverhältnis $(E_b/N_0)_{\text{soll}}$ als ein Kriterium für die Bestimmung der Versorgungssituation verwendet wird.

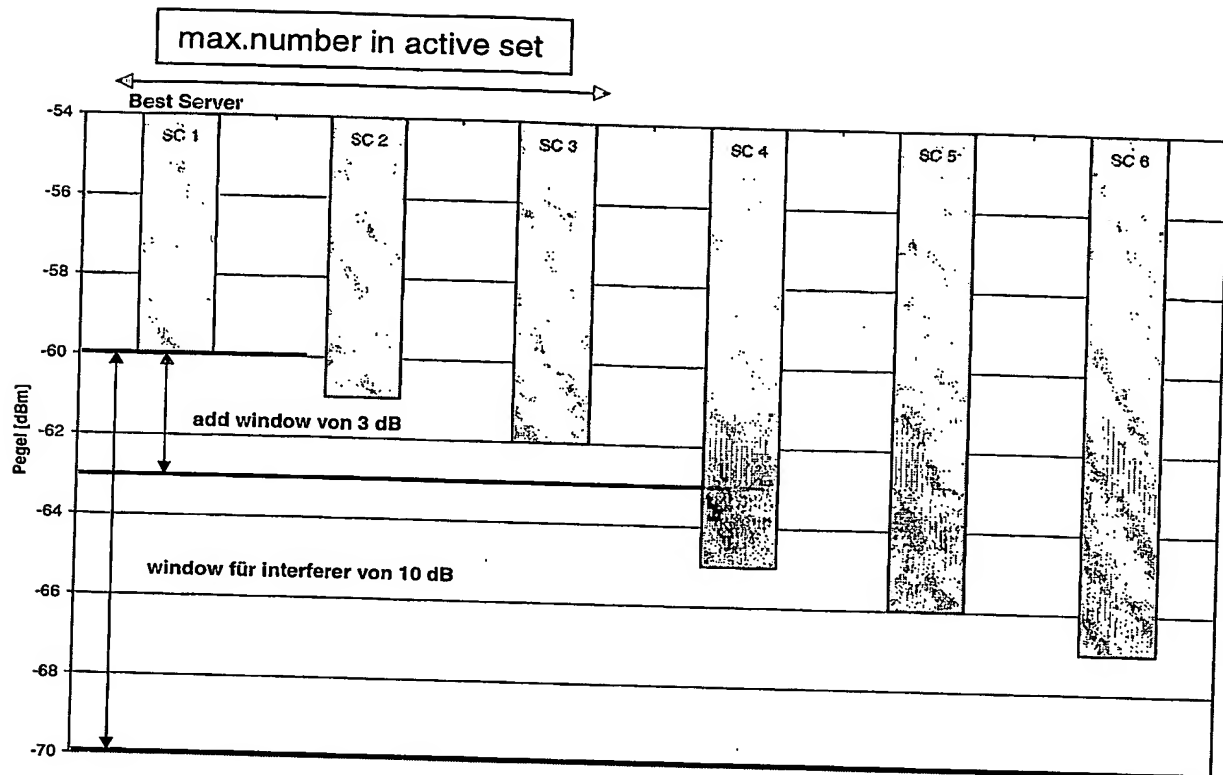


Fig. 1

SC der gestörten Stationen	200	88	224	180	168
8	0	0	0	0	0
15	0	5	0	0	0
19	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0
41	12	0	0	0	0
48	1	125	28	0	5
62	5	0	0	17	0
64	0	11	0	0	2
70	0	0	0	0	0
74	0	5	0	0	10
Summe	18	146	28	17	17

SC 88 stört mit der aufgeführten Häufigkeit andere Zellen

SC 48 wird von den eingekreisten SC in der angegebenen Häufigkeit gestört

Fig. 2

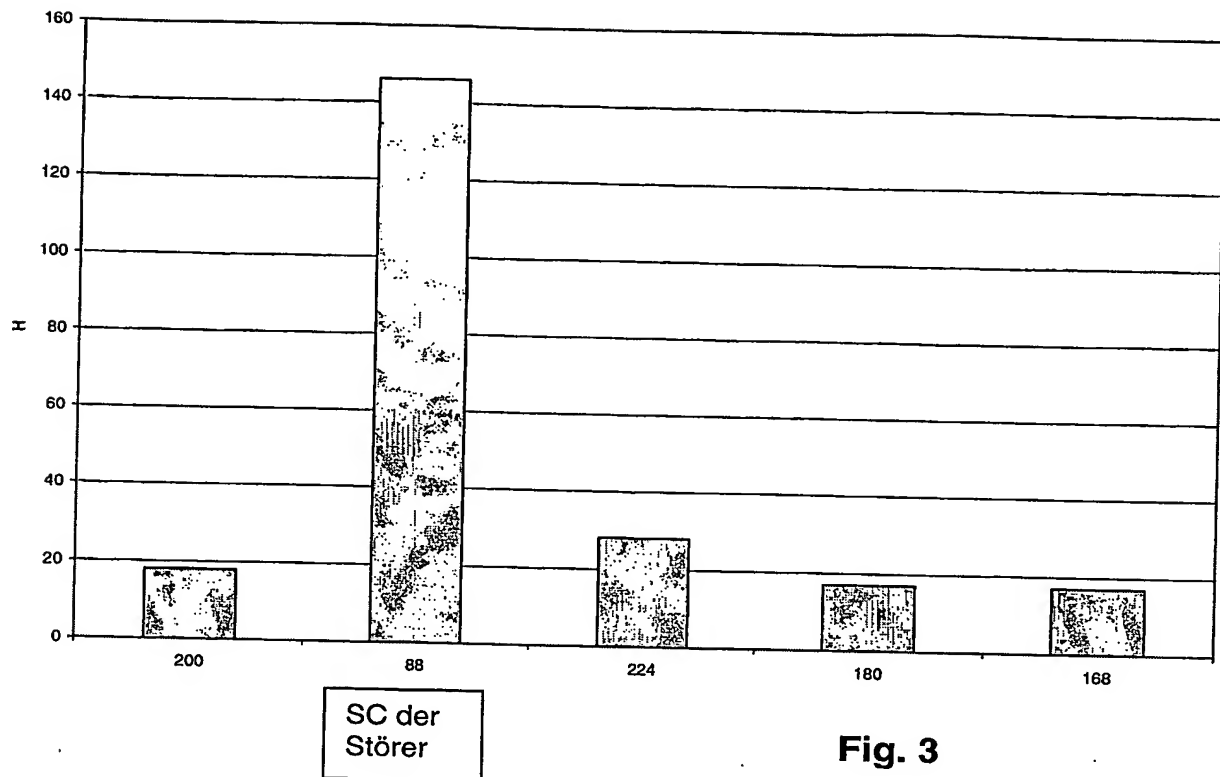
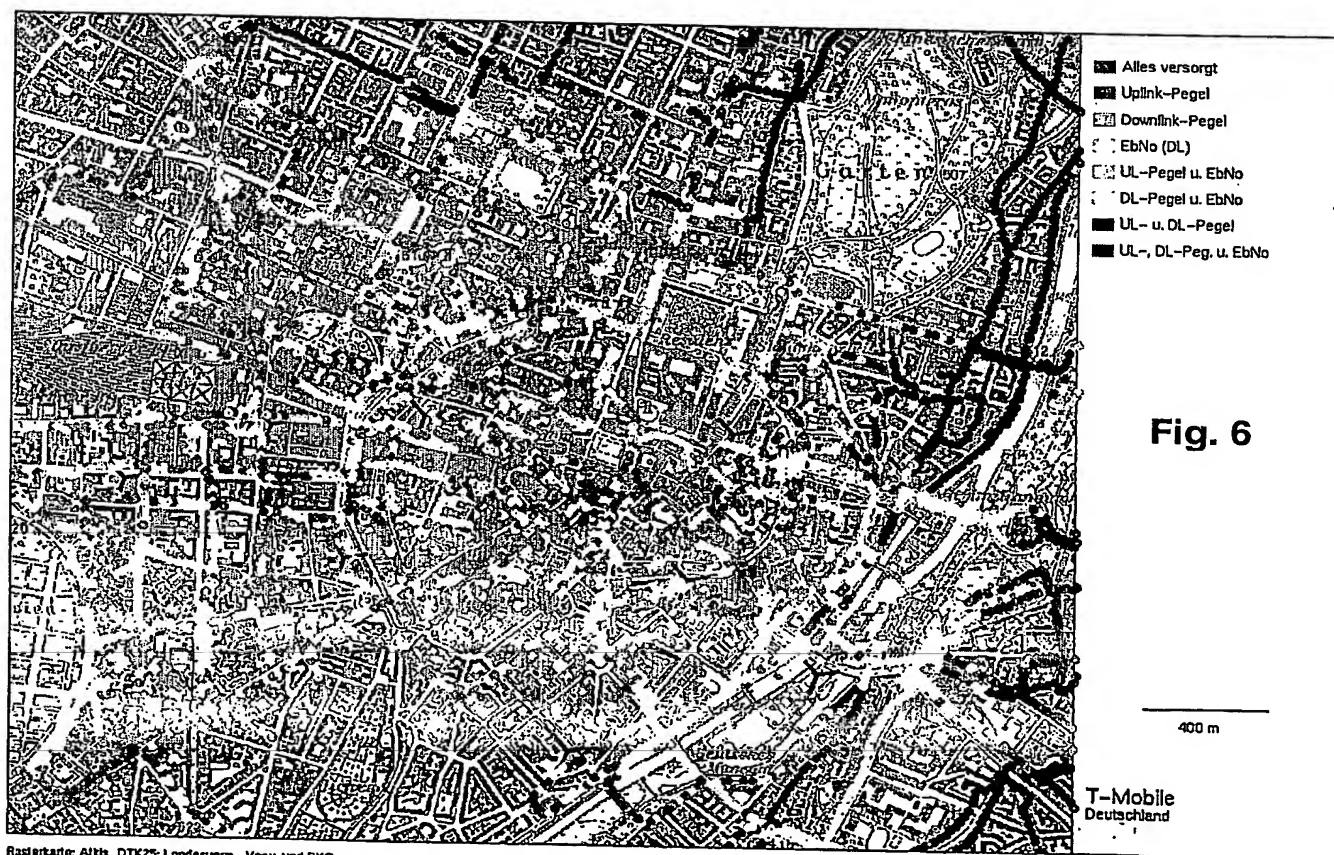


Fig. 3

SC der gestörten Stationen	störende Zellen				
	200	88	224	180	168
8	0	0	0	0	0
15	0	2,06	0	0	0
19	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0
41	20,34	0	0	0	0
48	0,15	19,03	4,26	0	0,76
62	2,81	0	0	9,55	0
64	0	5,05	0	0	0,92
70	0	0	0	0	0
74	0	5,68	0	0	11,36
	23,3	31,82	4,26	9,55	13,04

Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.